

SISTEMAS DE MEDIDA DE ANTENAS INTELIGENTES PARA UMTS

Carlos Gómez Calero; Fernando de la Cruz Tirado; Manuel Sierra Castañer, Miguel Calvo Ramón

Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones
Universidad Politécnica de Madrid
e-mail : carlosgc@gr.ssr.upm.es
e-mail : fcruz@gr.ssr.upm.es
e-mail : m.sierra.castaner@gr.ssr.upm.es
e-mail : miguel.calvo@gr.ssr.upm.es

Abstract-In the last years, the continuous increase in the number of users in the mobile communication systems has led to the need to increase their capacity. With the arrival of UMTS, and the appearance of new Third Generation Services that require high bit rates, it is essential to think about techniques that were able to increase the capacity. One suitable solution is the use of smart antennas in the B Nodes of the UMTS net. This technology will allow not only a capacity increase, but also an improvement in the signal quality, a range increase, a security level improvement and even the appearance of new services based on the special characteristics of these antennas. Thus, it is necessary to have procedures and tools to measure smart antennas, in order to integrate them with the B Nodes of the UMTS net.

I. INTRODUCCIÓN

Las antenas inteligentes suponen una gran mejora para los sistemas de comunicaciones móviles de Tercera Generación, como queda patente en el siguiente apartado. Sin embargo, la tecnología de antenas inteligentes es relativamente reciente, por lo que se hace necesario definir una serie de protocolos de medida y desarrollar una serie de herramientas específicas para la caracterización de este tipo de antenas.

En este sentido, se ha desarrollado un software específico haciendo uso del entorno de programación gráfica proporcionado por LabVIEW, de forma que se puedan controlar remotamente los equipos de medida. Se pretende con ello realizar un banco de medidas específico para caracterizar este tipo de antenas, así como dar un primer paso hacia la homologación de estas antenas inteligentes, facilitando así su integración con los Nodos B de la red UMTS.

Para ello, se ha seguido la norma propuesta por el 3GPP para medidas sobre estaciones base [1] y [2]. Se han definido dos tipos de medidas a realizar sobre un sistema de antena inteligente antes de su integración con un Nodo B: medidas de integración de los subsistemas de la antena inteligente y medidas en cámara anecoica.

Ambos tipos de medidas se presentan a continuación, aunque previamente se realiza un pequeño estudio de las ventajas de las antenas inteligentes y de los tipos más importantes que se están investigando actualmente.

II. ANTENAS INTELIGENTES

Los sistemas de comunicaciones móviles están experimentando un claro giro hacia la provisión de servicios multimedia a sus abonados. Uno de los aspectos más característicos de estos servicios son las altas tasas binarias que demandan, lo cual, unido al hecho de que el número de usuarios no deja de crecer, provocará a medio plazo un incremento espectacular en el tráfico soportado por las redes móviles, haciendo necesario un incremento paralelo de su capacidad.

La capacidad no es la única limitación inherente a los sistemas móviles como UMTS, también podemos destacar las siguientes:

- El desvanecimiento por multitrayecto.
- La interferencia cocanal.
- La dispersión temporal de la señal recibida.

Para solventar todos estos problemas de una forma eficaz, surge la tecnología de antenas inteligentes. Una antena inteligente es aquella que, en vez de disponer de un diagrama de radiación fijo, es capaz de generar o seleccionar haces muy directivos enfocados hacia el usuario deseado, e incluso adaptarse a las condiciones radioeléctricas en cada momento.

La característica de las antenas inteligentes de tener unos haces de radiación con una mayor directividad (es decir, mayor ganancia y mayor selectividad angular), hace pensar que la utilización de estos sistemas en las estaciones base de un sistema celular de comunicaciones móviles conllevará las siguientes ventajas [2]:

- Incremento de la zona de cobertura.
- Reducción de la potencia transmitida.
- Reducción de la propagación multitrayecto.
- Reducción del nivel de interferencia.
- Mejora de la eficiencia espectral.
- Mejora de la seguridad.
- Introducción de nuevos servicios.

En cuanto a los tipos de antenas inteligentes, los más relevantes son los siguientes:

a) *Antenas de haces conmutados*: El sistema radiante genera varios haces fijos, cada uno de ellos apuntando en una dirección distinta, de modo que entre todos se cubre toda la zona deseada (un sector o una celda). La inteligencia del sistema se encarga de seleccionar el haz que mejor servicio da a cada usuario en particular, en función de algún parámetro de control (mayor nivel de potencia recibida, mejor SNR y mejor C/I).

b) *Phased Arrays*: Requiere la utilización de un array progresivo (phased array); es decir, un array en el que se pueden controlar electrónicamente las fases con las que se alimentan los distintos elementos, de modo que puede modificarse a voluntad la dirección en la que apunta el lóbulo principal de la antena. A su vez, es necesario hacer uso de algún algoritmo de detección de la dirección de llegada de los usuarios (DoA), de modo que pueda reorientarse dinámicamente el haz para apuntar al usuario deseado.

c) *Antenas adaptativas*: En este caso, la salida de cada elemento del array se pondera con un factor de peso cuyo valor se asigna dinámicamente, de modo que se conforma el diagrama de radiación para maximizar algún parámetro de la señal (por ejemplo, la relación señal a interferencia más ruido o SINR). De este modo, el diagrama sintetizado habitualmente presentará un lóbulo principal en la dirección del usuario deseado y mínimos (e incluso nulos) de radiación en las direcciones de las fuentes de interferencia.

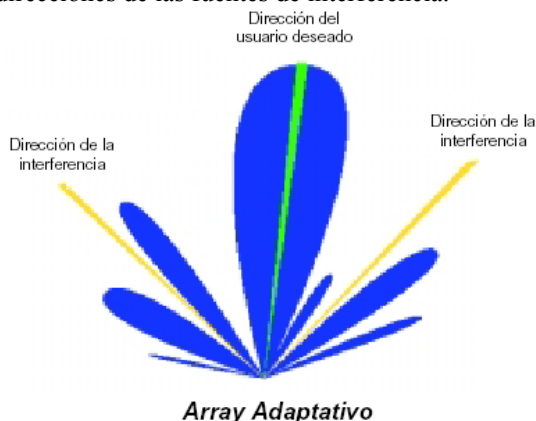


Fig. 1. Antena adaptativa.

d) *Sistemas MIMO*: La generación de antenas inteligentes más avanzada la constituyen los sistemas MIMO (Multiple Input Multiple Output). Al contrario que las antenas adaptativas, los sistemas MIMO se basan en una configuración donde múltiples elementos radiantes se distribuyen en el transmisor y en el receptor.

En el Grupo de Radiación de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación se ha desarrollado un prototipo de antena adaptativa denominado ADAM (Antena aDaptativa para entornos Multioperador), en el cual se ha probado el banco de medidas desarrollado, aunque dicho banco es aplicable a cualquiera de los tipos de antenas inteligentes descritos anteriormente.

Este sistema de antena inteligente consta de tres partes claramente diferenciadas: array de antenas, subsistema de RF/FI y subsistema de procesamiento digital. Los subsistemas que lo forman se muestran en la figura 2.

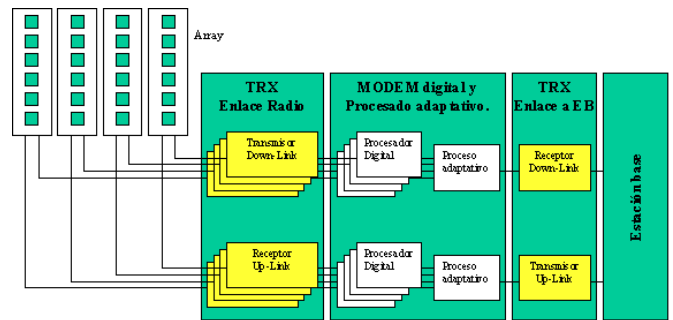


Fig. 2. Sistema de antena inteligente ADAM.

III. ELEMENTOS DEL BANCO DE MEDIDAS

Para la realización de las medidas sobre la antena inteligente, se hará uso de los siguientes instrumentos:

- Generador de señales SMIQ 03B de Rohde & Schwarz.
- Analizador de señales FSIQ de Rohde & Schwarz.
- Bus GPIB, para controlar desde un PC los dos instrumentos anteriores.

Además, para las medidas en cámara de la antena inteligente se hace uso de la cámara anecoica disponible en el Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones de la Universidad Politécnica de Madrid.

IV. MEDIDAS DE INTEGRACIÓN

Se trata de un conjunto de medidas a realizar sobre los distintos subsistemas que componen una antena inteligente para proceder a su integración y para comprobar que cumplen los requisitos impuestos por la norma del 3GPP [1].

En la citada norma se distinguen dos grandes bloques de medidas: en transmisión y en recepción, dependiendo del enlace que se quiera analizar.

A. Medidas en transmisión

En el punto denominado como “Transmitter Characteristics” en dicha norma se proponen cuatro modelos de prueba en función del tipo de medidas a realizar. Para cada uno de dichos modelos de prueba se define una configuración específica de los canales físicos transmitidos.

Para todas las medidas en transmisión se seguirá el esquema de conexionado mostrado en la siguiente figura:

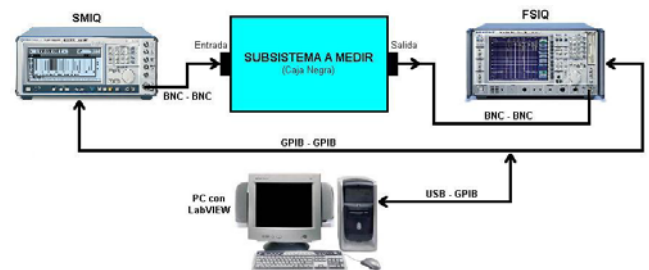


Fig. 3. Esquema a utilizar en todas las medidas en transmisión.

Asociado a cada uno de esos cuatro modelos de prueba indicados en la norma [1] se ha desarrollado un programa en LabView, donde se realizan las medidas propuestas en cada uno de ellos.

En el Modelo de Prueba 1 se realizan las siguientes medidas:

- Potencia máxima de salida.
- Error de frecuencia (a Pmáx).
- Error Vector Magnitude, EVM (a Pmáx).
- Margen dinámico de potencia total (a Pmáx).
- Adjacent Channel Leakage power Ratio, ACLR.
- Ancho de banda ocupado, OBW.
- Máscara del espectro emitido.
- Emisiones espúreas.

En la siguiente figura se muestra el aspecto que presenta el interfaz de usuario de esta aplicación.

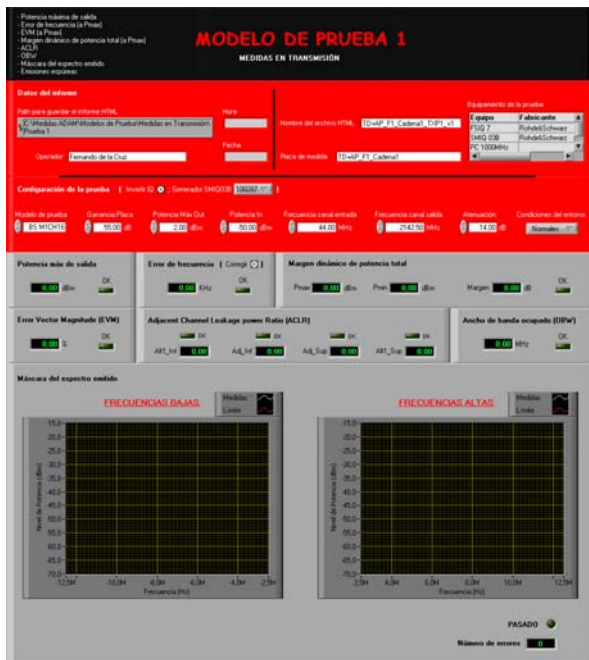


Fig. 4. Modelo de prueba 1 en TX.

En el Modelo de prueba 2 se llevan a cabo las siguientes medidas:

- Exactitud de potencia del CPICH.
- Potencia dinámica de salida (TPC bits alternating).
- Potencia dinámica de salida (10 consecutive equal TPC bits).
- Potencia dinámica de salida (Power Control Dynamic Range).

En el Modelo de Prueba 3 se realiza la medida del Error de pico en el dominio del código (PCDE). Por último, en el Modelo de Prueba 4 se vuelven a realizar las medidas marcadas como “a Pmáx” del Modelo de Prueba 1, pero esta vez a “Pmáx-18dB”, tal y como marca la norma seguida [1].

B. Medidas en recepción

En el punto denominado como “Receiver Characteristics” en dicha norma se proponen una serie de medidas a realizar, que se han agrupado por afinidad en tres programas desarrollados a tal efecto. Para cada uno de esos programas el conexionado de los equipos ha de ser diferente, por lo que no se detalla aquí.

Ahora, para llevar a cabo la mayoría de las medidas es necesario conocer en todo momento la BER del sistema, para cuya obtención se ha hecho uso de los Procesadores

Digitales de Señal (DSPs) presentes en el propio sistema de antena inteligente.

En el primero de los programas desarrollados, se realizan las medidas de:

- Nivel de sensibilidad de referencia.
- Margen dinámico.

En el segundo de los programas, se lleva a cabo la medida de:

- Selectividad de los canales adyacentes (ACS).

En el último de los bloques de medidas en recepción se realiza de nuevo la medida de las emisiones espúreas, en este caso a las frecuencias propias del enlace ascendente (uplink).

V. MEDIDAS EN CÁMARA

En esta fase se proponen una serie de medidas a realizar sobre el sistema de antena inteligente para caracterizar su comportamiento y verificar sus prestaciones en un entorno controlado, como el que proporciona la cámara anecoica del Laboratorio de Ensayos y Homologación de Antenas de la Universidad Politécnica de Madrid.

Los objetivos que se pretenden alcanzar en esta fase de medida de la antena inteligente en cámara anecoica son, por un lado comprobar el correcto funcionamiento del conjunto de todos los subsistemas de la antena inteligente con una señal de entrada UMTS, incluyendo la adaptabilidad del diagrama de radiación en presencia de una señal deseada y, por otro lado, comprobar la adaptabilidad de dicho diagrama de radiación en presencia de una señal deseada y una señal interferente.

En la realización de esta fase de medida de la antena inteligente en un entorno controlado de cámara anecoica se prescinde de la estación base UMTS o Nodo B, que se sustituye por un generador de señales UMTS para las medidas del enlace descendente (downlink) y por un analizador de señales UMTS para las medidas del enlace ascendente (uplink).

En primer lugar, se caracteriza la antena inteligente en operación con un solo usuario, tanto en el enlace ascendente como en el descendente. Posteriormente, se caracteriza a la antena inteligente en operación bajo una interferencia procedente de otro usuario, para lo cual se ha desarrollado un software en LabView que es capaz de medir el diagrama de radiación en ambas situaciones. Para la medida de los diagramas de radiación se siguen los siguientes procedimientos:

A. Medidas con un usuario

Se comprueba como, en ausencia de señales interferentes, el sistema de antena inteligente maximiza la ganancia del haz de recepción hacia el usuario al cambiar éste de posición respecto a la antena. Además, también se verifica que el diagrama de transmisión generado es el adecuado.

Se realizan medidas para distintas direcciones de llegada de la señal deseada con respecto a la dirección broadside (que coincide con el ángulo central de la celda). Estas direcciones son: -60°, -45°, -30°, -15°, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°.

En los distintos montajes de medida, la antena que corresponde a la señal deseada se mantiene fija, variándose

únicamente el ángulo acimutal de situación del array de antenas del sistema de antena inteligente para obtener las variaciones angulares anteriores

Los pasos a seguir, para cada una de las 9 medidas anteriores, son los siguientes:

- *Montaje 1: Cálculo de los pesos en recepción (uplink).* Con el montaje de la antena en recepción (uplink), a la frecuencia central de utilización en esa banda (1950 MHz), en presencia de una señal deseada que entra en el array de antenas por la dirección que corresponda, se deja que el sistema de antena inteligente alcance un régimen permanente y se anotan los pesos. Estos pesos serán los que se utilicen tanto para la medida en recepción (uplink) como para la medida en transmisión (downlink).

- *Montaje 2: Medida del diagrama de radiación en recepción (uplink).* Para la medida del diagrama de radiación en recepción (uplink), se mantiene el montaje anterior y se gira la antena del sistema de antena inteligente entre -90° y 90° con respecto a la posición inicial (posición de cálculo de los pesos). En este proceso hay que tener especial cuidado con el mantenimiento de los cables de las antenas.

- *Montaje 3: Medida del diagrama de radiación en transmisión (downlink).* Para la medida del diagrama de radiación en transmisión (downlink), se fijan los mismos pesos calculados en recepción (uplink), se cambia el montaje de modo que se transmita por el array de antenas y se reciba por la sonda y se obtiene el diagrama de radiación girando la antena bajo prueba del mismo modo que se ha hecho en el montaje anterior. En este caso se realizan las medidas a la frecuencia central de utilización en downlink (2140 MHz).

B. Medidas con un usuario y un interferente

Respecto a las medidas realizadas con un solo usuario, en las que se evalúa la capacidad de seguimiento de la antena, éstas pretenden evaluar la capacidad de rechazo de la interferencia por parte del sistema de antena inteligente.

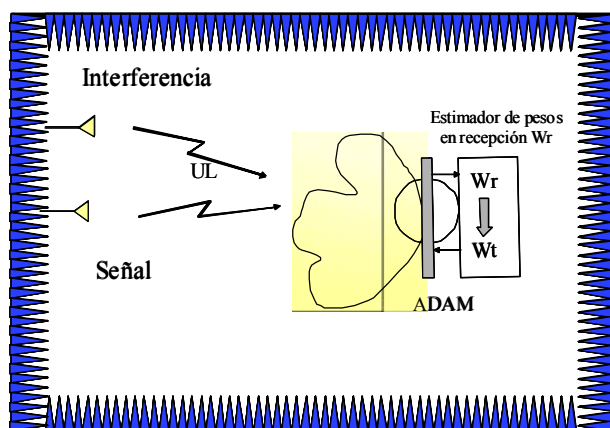


Fig. 5. Esquema de medida con un usuario e interferente

Los esquemas de medida son iguales que para lo de una señal única, con la única salvedad que hay que añadir la presencia de la señal interferente para el cálculo de los pesos (no así en los montajes 2 y 3). Se van a realizar medidas con el usuario deseado llegando por la dirección broadside, y los usuarios interferentes llegando por direcciones respecto a la anterior de -20° , -15° , -10° , 10° , 15° , 20° . Estos ángulos corresponden a los desplazamientos en el eje lineal de la interferencia con respecto a la señal deseada (eje y) y a las

distancias al array de antenas del sistema de antena inteligente que se muestran en la siguiente tabla.

Ángulo (grados)	-20°	-15°	-10°	10°	15°	20°
Desplazamiento eje y (metros)	-2,26	-1,67	-1,09	1,09	1,67	2,26
Distancia al array de antenas (metros)	6,60	6,42	6,29	6,29	6,42	6,60

Tabla 1. Posiciones de la señal interferente

Un ejemplo de medida realizada se muestra en la figura 6, donde se observa tanto el panel frontal de la aplicación desarrollada en LabView, así como el diagrama de radiación resultante de realizar la prueba con un usuario deseado en la dirección broadside del array y un usuario interferente en 10° respecto a la anterior.

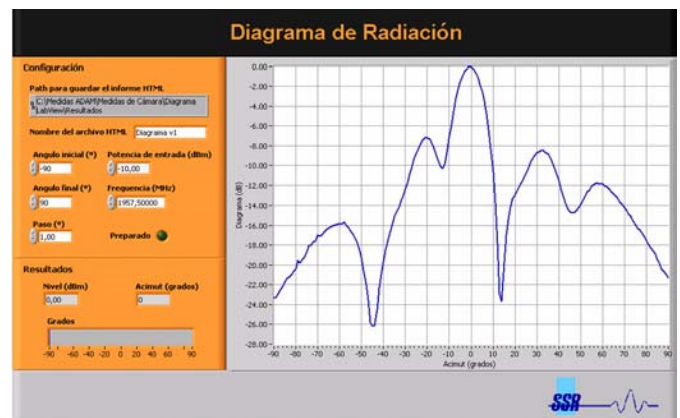


Fig. 6. Ejemplo de medida del diagrama de radiación con usuario en la dirección broadside y el interferente en 10° .

VI. CONCLUSIONES

Se ha pretendido dar un primer paso hacia la homologación de cualquier tipo de antena inteligente, mediante el desarrollo de bancos de medida aplicables a estos sistemas en diferentes situaciones y entornos.

Por otra parte, el banco de medidas desarrollado resulta de gran utilidad para descubrir posibles errores en cualquiera de los subsistemas que componen el sistema de antena inteligente, pudiendo así dichos errores ser aislados y subsanados antes de proceder a la integración del sistema completo de antena inteligente con una estación base UMTS o Nodo B.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a SICE su colaboración en el Proyecto ADAM y al MCYT su apoyo en el Proyecto MAIN (TIC2002-01569).

REFERENCIAS

- [1] 3GPP TS 25.141 v3.3.0 (2000-06), "Base Station (BS) conformance testing (FDD)".
- [2] 3GPP TS 25.104 v3.3.0 (2000-06), "Technical Specification Group Radio Access Networks; UTRA (BS) FDD; Radio transmission and Reception".
- [3] M. Calvo, V. Burillo, J.M. Hernando, L. de Haro, "Sistemas de Comunicaciones Móviles de Tercera Generación IMT-2000 (UMTS)", Fundación Airtel-Vodafone 2002.